

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического
факультета, чл.-корр. РАН
Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Методы обработки и интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01. Геология

Магистерская программа:

Малоглубинная и глубинная геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом
Геологического факультета МГУ
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология», утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2025.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП. Относится к профильному блоку вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору. Курс магистратуры – 1, семестр – 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. Базируется на знаниях по дисциплинам «Математический анализ», «Компьютерные технологии в геофизике», «ГИС в геологии», «Общая геология», «Геотектоника», «Геология и геохимия нефти и газа», «Магниторазведка», «Гравиразведка», «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий», «Сейсморазведка», «Некорректные задачи геофизики», «Геофизические исследования скважин», «Основы петрофизики», «Комплексирование геофизических методов».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-3.М	М.ОПК-3. И-1. Определяет цель, задачи, обосновывает актуальность и разрабатывает логическую схему проекта в профессиональной области. М.ОПК-3. И-2. Формулирует методику решения исследовательских задач на основе классических подходов и инновационных идей геологических и смежных наук.	Знать: применимость основных методов обработки и интерпретации материалов гравиразведки и магниторазведки с учетом петрофизической и геологической обстановки. Уметь: выбрать и обосновать оптимальную; последовательность методов и процедур интерпретации данных гравиразведки магниторазведки, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи (геологической, поисковой, геотехнической и пр.), реализуемое в комплексе геолого-геофизических методов исследования. Владеть: навыками основных методов обработки и интерпретации материалов гравиразведки и магниторазведки.
ОПК-6.М	М.ОПК-6. И-1. Выбирает способы обработки данных и программные средства для решения задач профессиональной деятельности с	Знать: особенности современных методов, подходов и технологий качественной и количественной интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки, обеспечивающие максимальный учет геологических параметров объекта.

	учетом основных требований информационной безопасности. М.ОПК-6. И-2. Использует ГИС-технологии для решения профессиональных задач. М.ОПК-6. И-3. Использует компьютерные, в т.ч. ГИС-технологии для представления результатов исследований.	Уметь: активно использовать и модернизировать современные средства и технологии гравиразведочных и магниторазведочных данных; выбрать и обосновать последовательность методов и технологий интерпретации потенциальных полей, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи (геологической, геотехнической, поисковой и пр.); построить наглядные результативные модели. Владеть: навыками выбора подходов интерпретации гравиразведочных и магниторазведочных данных, обеспечивающих максимальный учет геологических параметров объекта.
СПК-3.М (1)	М.СПК-3. И-1. Владеет методами обработки и интерпретации данных гравиразведки, магниторазведки и электроразведки с учётом априорной геолого-геофизической информации М.СПК-3. И-2. Использует теоретические знания для выбора оптимальной методики интерпретации геофизических данных для решения различных геологических задач.	Знать: современные методы обработки и интерпретации гравиметрической, магниторазведочной информации, способы учета априорной геологической информации, применяемые при решении сложных геологических задач. Уметь: творчески, с учетом особенностей геологического объекта и задач и стадии исследований, использовать современные методы обработки и интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки, выбрать оптимальную методику комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи. Владеть: навыками выбора методик комплексного анализа гравиметрической и магниторазведочной информации при решении сложных геологических задач.

4. Объем дисциплины 2 з.е., в том числе 42 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции 28, семинары 14), 30 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>			Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Введение. Специализированные программные средства для обработки и интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных.	11	4	2	6	3		2	5
Раздел 2. Методы вычисления поправки за влияние рельефа. Влияние окружающего рельефа на облик аномалий гравитационного и магнитного полей.	13	6	2	8	3		2	5
Раздел 3. Методы трансформаций потенциальных полей. Глубинные характеристики трансформаций. Методы оптимальной фильтрации.	13	6	2	8	3		2	5
Раздел 4. Методы оценки глубин до особых точек аномалообразующего тела	13	6	2	8	3		2	5

Раздел 5. Комплексные схемы геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.	13	6	2	8	3		2	5
Текущая аттестация: <i>защита реферата</i>	9		4	4	3	2		5
Всего	72	28	14	42	18	2	10	30
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	0	Устный экзамен *			0			
Итого	72	42			30			

* Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса.

Развернутое содержание тем и разделов дисциплины

Содержание лекций

Раздел 1. Введение. Специализированные программные средства обработки и интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных.

1.1. Введение. Цели и задачи курса. Место гравиразведки и магниторазведки среди геофизических методов исследования. Обработка полевых гравиметрических и магнитометрических материалов, формирование каталогов исходных данных.

1.2. Специализированные программные средства обработки и интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных.

Раздел 2. Методы учета поправки за влияние рельефа

2.1. Влияние окружающего рельефа на облик аномалий гравитационного и магнитного полей.

2.2. Методы вычисления поправки за влияние дневного рельефа и дна моря для гравиразведки и магниторазведки. Введение поправки за топографию с постоянной плотностью при расчёте аномалий Буге и переменной – при интерпретации.

2.3. Автоматизированные средства вычисления поправок за влияния рельефа в гравиразведке и магниторазведке.

Раздел 3. Методы трансформации потенциальных полей

3.1. Методы трансформации потенциальных полей. Геологическая редукция. Глубинные характеристики трансформаций. Полосовая фильтрация методом Сейксова-Ниигарда.

3.2. Методы оптимальной фильтрации. Методы оптимальной фильтрации для удаления эффектов негеологической природы.

3.3. Методы вычисления некорректных трансформаций с использованием регуляризирующих алгоритмов. Применение фильтров-усилителей (не)корректных трансформаций для выявления тонкой структуры потенциальных полей.

Раздел 4. Методы оценки глубин до особых точек аномалообразующего тела

4.1. Методы оценки глубин до особых точек аномалообразующего тела. Определение глубины источников по логарифму спектра.

4.2. Деконволюция Эйлера. Деконволюция Вернера. Способ определения параметров залегания тел по производным.

4.3. Автоматизированные средства выделения характерных особенностей потенциальных полей (оси аномалий, градиентных зон) и оценок глубин до особых точек аномалообразующих тел.

Раздел 5. Комплексные схемы геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.

5.1. Комплексные схемы геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.

5.2. Методы корреляционно-регрессионного анализа, теории распознавания образов. Методы совместной инверсии.

5.3. Методы расчета псевдогравитационных и псевдомагнитных аномалий. Совместный корреляционно-статистический анализ гравитационного и магнитного аномальных полей. Расчёт эффективных плотностей и намагниченностей.

План проведения семинаров.

Раздел 1. Специализированные программные средства обработки и интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных

Обсуждение возможностей и ограничений специализированных программных средств обработки и интерпретации гравиметрических и магнитометрических данных: Geosoft Oasis Montaj, CGG GravMag Solutions, GravMagInv, COSCAD, ГИС-Интегро и др.

Раздел 2. Влияние окружающего рельефа на облик аномалий гравитационного и магнитного полей.

Анализ причин влияния окружающего рельефа на облик аномалий гравитационного и магнитного полей и обсуждение возможностей его минимизации.

Методы расчета топографической поправки в аномалии поля силы тяжести в редукции Буге. Декорреляция магнитного эффекта морфологии магнитной границы.

Раздел 3. Методы трансформации потенциальных полей.

Анализ возможностей корректных трансформаций. Глубинные характеристики трансформаций. Полосовая фильтрация методом Сейкова-Ниигарда. Методы оптимальной фильтрации. Безаномальное поле силы тяжести над негоризонтально-слоистой трехслойной моделью

Анализ ограничений некорректных трансформаций. Применение фильтров-усилителей (не)корректных трансформаций для выявления тонкой структуры потенциальных полей. Методы вычисления поля в нижнем полупространстве.

Раздел 4. Оценки глубин до особых точек аномалообразующего тела.

Обсуждение точности определения глубины источников по методам Логарифм спектра и Деконволюция Эйлера. Анализ зависимости глубины от структурного индекса.

Обсуждение технических возможностей автоматизированных средств выделения характерных особенностей потенциальных полей (оси аномалий, градиентных зон) в ПО COSCAD.

Раздел 5. Совместный анализ гравитационных и магнитных аномалий.

Обсуждение применимости методов корреляционно-регрессионного анализа и методов машинного обучения для совместного районирования аномалий гравитационного и магнитного полей.

Анализ результатов вычисления коэффициента Пуассоновой связи аномалий гравитационного и магнитного полей.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Модели и алгоритмы решения прямых и обратных задач гравиразведки.
2. О стандартном графе обработки и интерпретации гравитационных и магнитных полей при построении плотностных и магнитных моделей земной коры
3. О комплексной интерпретации гравитационных и магнитовариационных данных.
4. Минимаксный подход к решению обратных задач гравиразведки и магниторазведки.
5. Локальное прогнозирование рудоносных интрузивных образований на основе современных технологий интерпретации геопотенциальных полей.
6. Градиентные методы решения структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии.
7. Декомпозиция решения обратной задачи гравиразведки рудного типа монтажным методом.
8. Математические основы теории интерпретации геофизических данных.
9. Гравиметрическое изучение глубинного строения северо-западной части Восточно-Европейской платформы.
10. Обработка гравиметрических данных по системе «ПОЛЮС» .
11. Определение плотности слоя по значениям силы тяжести и отметкам рельефа.
12. Определение некоторых характеристик возмущающих объектов по гравитационному и магнитному полям.
13. Решение обратной задачи гравиметрии для двух контактных поверхностей на основе выметания и концентрации масс.
14. Практика вычисления спектральной плотности верхних частот аномалии силы тяжести с использованием фильтра Баттерворта.
15. Об оценке надежности результатов интерпретации гравитационных аномалий по методу призм при переменной плотности.
16. Современное состояние теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий и пути её дальнейшего развития.

17. О корреляции эпох тектонической истории Земли с изменением её магнитного поля.
18. О некоторых вопросах решения обратной задачи гравиразведки в классе плотностных границ, описываемых многозначной функцией.
19. К проблеме аналитического продолжения двумерных потенциальных полей.
20. Современная аппаратура для измерения угла отклонения отвеса и его применение в гравиразведке.
21. Учет изменения плотности с глубиной при плотностном моделировании.
22. Использование глобальной модели мощности осадочного чехла для геологического редуцирования гравитационного поля.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

6.1. Примерный перечень типовых вопросов при текущей аттестации при проведении контрольных работ и докладов по темам рефератов:

1. Системы обработки и интерпретации гравиразведочных и магниторазведочных материалов (Geosoft Oasis Montaj, CGG GravMag Solutions, GravMagInv, ГИС-ПАРК, ГИС-ИНТЕГРО СИГМА-3Д, ПАНГЕЯ, КОСКАД-3д Geo Frame, Petrel и др.).
2. Примеры геологического редуцирования аномалий гравитационного поля (например, учет рельефа при анализе гравиметрических и/или магнитометрических данных; построение моделей границы Мохо по гравиметрическим данным; подходы к построению региональных плотностных моделей земной коры; особенности изменения плотности с глубиной в осадочном чехле; гравиразведка и грязевые вулканы);
3. Примеры геологического редуцирования аномалий магнитного поля (например, магниторазведка для подземной навигации при бурении наклонных и горизонтальных стволов скважин; магнитные поля подводных вулканов).
4. Петрофизические связи плотность-скорость, изменение плотности с глубиной.
5. Петрофизическая природа магнитных аномалий.
6. Примеры трансформаций потенциальных полей (например, высшие производные гравитационного потенциала и их применение при геологической интерпретации аномалий).
7. Примеры оценок глубин источников аномалий потенциальных полей различными методами.
8. Примеры привлечения данных потенциальных полей при геологической интерпретации (например, гравиметрические и магнитометрические исследования в тектонически активных регионах; поиск пустот с помощью гравиразведки).
9. Примеры комплексной обработки и интерпретации геофизических данных (например, задачи инженерной гравиразведки применительно к проблематике учета ВЧР в сейсморазведке; подходы к выполнению совместной инверсии данных электроразведки и гравиразведки/магниторазведки).

10. Примеры современных технологий измерения компонент гравитационного и магнитного полей и их применение в геологоразведке.

6.2. Примерный перечень типовых вопросов при промежуточной аттестации (экзамен):

1. Основные этапы обработки полевых гравиметрических материалов в зависимости от типа съемки (наземные, в движении).
2. Основные этапы обработки полевых магнитометрических материалов в зависимости от типа съемки (наземные, в движении).
3. Влияние формы поверхности наблюдения и дневного рельефа на облик гравитационных аномалий. Способы учета дневного рельефа в задачах гравиразведки.
4. Влияние формы поверхности наблюдения и дневного рельефа на облик магнитных аномалий. Способы учета дневного рельефа в задачах магниторазведки.
5. Глубинные характеристики корректных трансформаций.
6. Полосовая фильтрация методом Сейкова-Ниигарда.
7. Вывод интеграла Пуассона для сферической поверхности и для плоскости.
8. Высшие производные гравитационного потенциала и их применение при геологической интерпретации аномалий.
9. Определение глубины источников по логарифму спектра.
10. Деконволюция Эйлера.
11. Деконволюция Вернера.
12. Способы определения параметров залегания тел по аномальным полям и их компонентам.
13. Методы корреляционно-регрессионного анализа, основы теории распознавания образов.

6.3. Шкала и критерии оценивания

Результаты обучения, <i>соответствующие</i> <i>виды оценочных средств</i>	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретические основы интерпретации аномалий силы тяжести и магнитного поля (<i>устный опрос</i>).	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

Умения пользоваться специализированными методами и программами, разработанными для интерпретации аномальных гравитационного и магнитного полей с учетом конечной геологической задачи и масштаба исследований (<i>устный опрос</i>).	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение.
Навыки методами геофизической и геологической интерпретации аномальных гравитационного и магнитного полей с применением современного вычислительного программного обеспечения (<i>устный опрос</i>).	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методами, наличие отдельных навыков.	В целом сформированные навыки.	Свободное владение и использование

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы.

Основная литература:

1. Булычев А.А., Лыгин И.В., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Прямая задача гравиразведки и магниторазведки (конспект лекций). Учебное — Университетская книга Москва, 2019. — 176 с.
2. Булычев А.А., Лыгин И.В., Соколова Т.Б., Фадеев А.А., Бровкин Г.И. Конспект лекций по курсу Гравиразведка. Часть I. "КДУ", "Университетская книга", Москва, 2017.
3. Булычев А. А., Попов М. Г., Золотая Л. А., Коснырева М. В., Паленов А. Ю. Магниторазведка: учебное пособие. ООО Издательство ПОЛИПРЕСС Тверь, 2016.
4. Булычев А.А., Лыгин И.В., Мелихов В.Р. Численные методы решения прямых задач грави- и магниторазведки (конспект лекций). Учебное пособие для студентов и магистрантов специализации Геофизика. МГУ Москва, 2010.
5. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. М., МГГРУ. 2009.
6. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ВНИИГеосистем, 2012. 346 с.

7. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебное пособие. – 3-е изд., доп. – М.: ВНИИГеосистем, 2013. 118 с.
8. Серкерев С.А. Гравиразведка и магниторазведка. М., Недра. 1999.
9. Миронов В.С. Гравиразведка. Л., Недра, 1980.
10. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Л. Недра 1979.

Дополнительная литература:

1. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965. 405 с.
2. Гвишиани А.Д., Диаман М., Михайлов В.О. и др. Алгоритмы искусственного интеллекта для кластеризации магнитных аномалий // Физика Земли. 2002. № 7. С. 13-28.
3. Никитин А.А. Использование статистической теории обнаружения сигналов для выделения слабых геофизических аномалий // Изв. вузов. Геология и разведка. 1977. № 6. С. 77-87.
4. Петров А.В., Трусов А.А. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации КОСКАД 3D // Геофизика. 2000. № 4. С. 29-33.
5. Приезжев И.И. Уточнение геологической модели по данным гравитационного поля на основе критериальных методов решения обратных задач // Геофизика. 2010. № 1. С. 65-68.
6. Серкерев С.А. Корреляционные методы анализа в гравиразведке и магниторазведке. М.: Недра, 1986. 247 с.
7. Маловичко А.К., Костицын В.И. Гравиразведка. М., Недра, 1992.
8. Андреев Б. А., Клушин И. Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л., Недра, 1965.
9. Березкин В. М. Применение гравиразведки для поисков месторождений нефти и газа. М., Недра, 1973.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения:

- лицензионное:

1. Программный комплекс Coscad 3D авторы: А. А. Никитин, А. В. Петров, А. С. Алексахин.
2. Программный комплекс Geosoft Oasis montaj.
3. Программный комплекс GravMagInv.
4. Программы Golden Software – Surfer (версия 10 или выше) и Golden Software – Grapher (версия 6 или выше);

- нелицензионные и свободного доступа:

1. Тm-2.EXE – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001;

2. Tg-2.EXE – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001;
3. HSpctr /версия 1.04.03 – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры; 2003;
4. Пакет программ Open Office.
5. Специальные вычислительные и логические компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры геофизических методов исследований земной коры Геологического факультета МГУ.

7.3. Описание материально-технической базы:

Помещения – компьютерный класс, рассчитанный на группу из 16 учащихся;

Оборудование – персональные компьютеры, мультимедийный проектор, экран, выход в Интернет.

8. Язык преподавания: русский

9. Преподаватели: доц. Лыгин И.В., проф. Булычев А.А., доц. Кузнецов К.М., с.н.с. Соколова Т.Б., доц. Коснырева М.В. (ответственный за дисциплину – Лыгин И.В.),

10. Разработчики программы: доц. Лыгин И.В., проф. Булычев А.А., доц. Кузнецов К.М., доц. Л.А. Золотая, с.н.с. Соколова Т.Б., доц. Коснырева М.В.